

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки 03.03.02 «Физика»
 Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование влияния наводороживания на микроструктуру и механические свойства аддитивно изготовленного титанового сплава Ti-6Al-4V

УДК 669.295.5:669.788

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б61	Чжан Лифан		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пушилина Наталья Сергеевна	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Киселева Елена Станиславовна	к.ф.-м.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ирина Леонидовна Мезенцева	к.ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП				
Руководитель ОЭФ	Лидер А.М.	д.т.н., профессор		

Томск – 2020 г.

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник способен)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P1	Использовать основные этапы и закономерности исторического развития общества, основы философских, экономических, правовых знаний для формирования мировоззренческой, гражданской позиций и использования в различных сферах жизнедеятельности	Требования ФГОСЗ+ (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4)
P2	К самоорганизации и самообразованию, работать в коллективе, к коммуникации в устной и письменной формах, в том числе на иностранном языке, толерантно воспринимать социальные, этические и культурные различия, использовать методы и средства физической культуры, приёмы первой помощи и методы защиты в условиях ЧС.	Требования ФГОСЗ+ (ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9)
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>		
P3	Использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, современные концепции и ограничения естественных наук, использовать фундаментальные знания разделов общей и теоретической физики, математики для создания моделей и решения типовых профессиональных задач, в том числе с использованием знаний профессионального иностранного языка.	Требования ФГОСЗ+ (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-7)
P4	Понимать сущность и значение информации, соблюдать основные требования информационной безопасности, использовать методы, способы, средства получения и хранения информации, решать стандартные задачи на основе информационной и библиографической культуры.	Требования ФГОСЗ+ (ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6)
P5	Получить организационно-управленческие навыки при работе в научных группах, критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности, нести ответственность за последствия своей инженерной деятельности.	Требования ФГОСЗ+ (ОПК-8, ОПК-9)
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P6	<u>Научно-исследовательская деятельность</u> Проводить научные теоретические и экспериментальные исследования в областях:	Требования ФГОСЗ+

	материаловедения, атомной и ядерной физики, водородной энергетики, физики плазмы с помощью современной приборной базы с использованием специализированных знаний физики и освоенных профильных дисциплин.	(ПК-1, ПК-2)
P7	<u>Научно-инновационная деятельность</u> Применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований, а также профессиональные знания и умения в результате освоения профильных дисциплин для проведения физических исследований в инновационных областях науки, используя современные методы обработки, анализа и синтеза информации.	Требования ФГОСЗ+ (ПК-3, ПК-4, ПК-5)
P8	<u>Организационно-управленческая</u> Использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований, участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме, понимать и применять на практике методы управления в сфере природопользования	Требования ФГОСЗ+ (ПК-6, ПК-7, ПК-8)
P9	<u>Педагогически-просветительская</u> Проектировать, организовывать, анализировать педагогическую деятельность, владеть последовательностью изложения материала с использованием междисциплинарных связей физики с другими дисциплинами, участвовать в информационно-образовательных мероприятиях по пропаганде и распространению научных знаний	Требования ФГОСЗ+ (ПК-9)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 03.03.02 «Физика»
Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Лидер
А.М.10.09.2019
(Подпись)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
150Б61	Чжан Лифан

Тема работы:

Исследование влияния наводороживания на микроструктуру и механические свойства аддитивно изготовленного титанового сплава Ti-6Al-4V
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p style="text-align: center;">Образцы сплава Ti-6Al-4V, изготовленные методом электронно-лучевого сплавления.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Обзор литературных источников; – Подготовка образцов; – Исследование фазового состава образцов; – Измерение твердости по Виккерсу; – Исследование микроструктуры образцов; – Исследование ударной вязкости; – Анализ полученных результатов; – Заключение.
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Ирина Леонидовна Мезенцева
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Киселева Елена Станиславовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.09.2019 г
---	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пушилина Наталья Сергеевна	к.ф.-м.н.		10.09.2019 г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б61	Чжан Лифан		10.09.2019 г

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б61	Чжан Лифан

Школа	Инженерная школа ядерных технологий	Отделение школы (НОЦ)	Отделение экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	03.03.02 Физика

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Определение стоимости ресурсов научноисследования (НИ): материальнотехнических, энергетических, финансовых информационных и человеческих
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Знакомство и отбор норм и нормативоврасходования ресурсов.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Знакомство с системой налогообложения, составками налогов, отчислений,дисконтирования и кредитования
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений;Анализ по технологии QuaD;SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - Организация работ НИ; -определение структуры работ в рамках НИ; - определение трудоемкости выполнения работ; - разработка диаграммы Ганта. .Формирование бюджета затрат на научное исследование: - расчет материальных затрат; - расчет заработной платы; - отчисления во внебюджетные фонды; - расчет накладных расходов; - формирование сметы затрат НИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- расчет интегрального показателя ресурсоэффективности
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Альтернативы проведения НИ 3. График проведения и бюджет НИ 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГСН ШБИП	Киселева Елена Станиславовна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б61	Чжан Лифан		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б61	Чжан Лифан

Школа	Инженерная школа ядерных технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Физика (03.03.02)

Тема ВКР:

Исследование влияния наводороживания на микроструктуру и механические свойства аддитивно изготовленного титанового сплава Ti-6Al-4V	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Прибор: MicroVickers HV-1000;</i> <i>Рабочая зона: лаборатория;</i> <i>Материал: титановый сплав ВТ6</i> <i>Область применения: Аэрокосмическая система</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> — специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; — организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы:</p> <p>Документы по воздействию ПЭВМ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы; - ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности; - ГОСТ Р 50949-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности;
2. Производственная безопасность: <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>1. Отклонение показателей микроклимата</p> <p>2. Превышение уровня шума</p> <p>3. Отсутствие или недостаток</p>

	<p>естественного света</p> <p>4. Недостаточная освещенность рабочей зоны</p> <p>5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</p>
3. Экологическая безопасность:	<p>Экологическая безопасность:</p> <p>– Влияние экспериментальных отходов на окружающую среду;</p> <p>– Предложим решение;</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>– Возникновение возгорания;</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Ирина Леонидовна Мезенцева			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б61	Чжан Лифан		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Уровень образования бакалавриат

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

Период выполнения _____

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.11.2019	Аналитический обзор литературы	10
27.12.2019	Подготовка образцов титанового сплава Ti-6Al-4V с различными концентрациями водорода	15
28.02.2020	Исследование влияния наводороживания на структуру материала.	20
30.04.2020	Исследование влияния наводороживания на твердость, ударную вязкость Ti-6Al-4V. Анализ и обобщение полученных результатов.	20
25.05.2020	Социальная ответственность	15
25.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
25.05.2020	Заключение	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пушилина Наталья Сергеевна	к.ф.-м.н.		10.09.2019 г.

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭФ	Лидер А.М.	д.т.н., профессор		10.09.2019 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 73 страницы, 14 рисунков, 12 таблицы, 42 литературный источник, 0 приложений.

Ключевые слова: титановый сплав, электронно-лучевое сплавление, твердость, водород.

Объектом исследований являлся титановый сплав Ti-6Al-4V, изготовленный с помощью аддитивных технологий. Проведено исследование изменений микроструктуры, фазового состава и свойств титанового сплава Ti-6Al-4V в результате водородной обработки.

Целью работы: определение закономерностей влияния водорода на микроструктуру и механические свойства сплава Ti-6Al-4V, изготовленного методом электронно-лучевого сплавления. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Исследование влияния наводороживания на микроструктуру сплава Ti-6Al-4V, изготовленного методом электронно-лучевого сплавления.
2. Исследование влияния насыщения водородом на фазовое состояние сплава Ti-6Al-4V, изготовленного методом электронно-лучевого сплавления.
3. Исследование влияния наводороживания на твердость и ударную вязкость сплава Ti-6Al-4V, изготовленного методом электронно-лучевого сплавления.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	14
ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА СВОЙСТВА СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ТИТАНА.....	16
1.1 Влияние водорода на микроструктуру титановых сплавов.....	16
1.2 Влияние наводороживания на механические свойства титановых сплавов.....	18
ГЛАВА 2. МИКРОСТРУКТУРА И СВОЙСТВА ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	21
2.1 Особенности микроструктуры титановых сплавов, изготовленных аддитивными технологиями.....	21
2.2 Механические свойства титановых сплавов, изготовленных аддитивными технологиями.....	25
ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	28
3.1 Материал для исследований.....	28
3.2 Газофазное насыщение водородом.....	28
3.3 Испытание на ударную вязкость.....	30
3.4 Исследование структурно-фазового состава образцов.....	31
3.5 Измерение микротвердости.....	33
ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ НАВОДОРОЖИВАНИЯ НА СВОЙСТВА АДДИТИВНО ИЗГОТОВЛЕННОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА Ti-6Al-4V.....	34
4.1 Влияние водорода на микроструктуру и фазовый состав сплава Ti- 6Al-4V, изготовленного с помощью аддитивных технологий.....	34
4.2 Влияние водорода на твердость, ударную вязкость образцов сплава Ti-6Al-4V, изготовленного с помощью аддитивных технологий.....	39

ГЛАВА 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	41
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	41
5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	41
5.1.2. SWOT-анализ.....	42
5.1.3 Технология QuaD.....	45
5.2. Планирование научно-исследовательских работ.....	46
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	46
5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	50
5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	49
5.3.2 Затраты на оборудование.....	50
5.3.3 Расчет основной и дополнительной заработной платы.....	51
5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	53
5.3.5 Формирование бюджет затрат НТИ.....	54
ГЛАВА 6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	56
Введение.....	56
6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности..	56
6.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	58
6.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	59
6.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды.....	61
6.2.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	61
6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	62
6.4 Расчет воздухообмена в жилых и общественных помещениях.....	63

Заключение.....	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	66

ВВЕДЕНИЕ

Аддитивные технологии активно внедряются в технологический процесс производства титановых изделий. Титановые сплавы широко используются в медицине, авиакосмической отрасли и в химической промышленности. Сплавы на основе титана являются достаточно устойчивым к химическому воздействию, коррозионной среде. Однако существенно ограничить ресурс работы изделий из титановых сплавов может насыщение водородом, особенно при повышенных температурах. Наводороживание титановых сплавов очень часто приводит к деградации физико-механических свойств металлов сплавов. На процессы поглощения, накопления и распределения водорода в металлах и сплавах существенное влияние оказывает микроструктура материала, наличие дефектов, элементный и фазовый состав сплавов на основе титана. Для большинства титановых сплавов такие исследования проводились и выявлены основные закономерности взаимодействия водорода с титаном. Однако, внедрение в производство изделий из титана новых подходов производства, в частности, аддитивных технологий (АТ), приводит к необходимости исследований процессов взаимодействия водорода со сплавами, изготовленными с помощью АТ.

Целью работы: определение закономерностей влияния водорода на микроструктуру и механические свойства сплава Ti-6Al-4V, изготовленного методом электронно-лучевого сплавления. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Исследование влияния наводороживания на микроструктуру сплава Ti-6Al-4V, изготовленного методом электронно-лучевого сплавления.
2. Исследование влияния насыщения водородом на фазовое состояние сплава Ti-6Al-4V, изготовленного методом электронно-лучевого сплавления.
3. Исследование влияния наводороживания на твердость и ударную вязкость сплава Ti-6Al-4V, изготовленного методом электронно-лучевого сплавления.

ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА СВОЙСТВА СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ТИТАНА

1.1 Влияние водорода на микроструктуру титановых сплавов

Водород представляет собой уникальный элемент периодической системы, который достаточно легко и в больших количествах поглощается материалами на основе гидридообразующих элементов и так же легко удаляется из твердого раствора при термической обработке в вакууме. При этом не происходит изменения агрегатного состояния материала. Это позволяет использовать его в качестве временного легирующего элемента в металлических материалах на определенной стадии производства полуфабрикатов и изделий.

Влияние водорода на фазовый состав и микроструктуру сплава Ti-6Al-4V, полученного по традиционным технологиям, давно изучено. Водород расширяет область β -фазы и сужает область α -фазы, растворимость водорода в которой составляет менее 7,9 ат.% [1]. Отмечено, что концентрация β -фазы возрастала с увеличением содержания водорода в гидрированных сплавах [2, 3]. Гидрирование сплава Ti-6Al-4V инициирует несколько фазовых превращений, которые зависят от параметров гидрирования. Мартенситные фазы α' и α'' , гидриды [4-7] и интерметаллиды могут образовываться при гидрировании. Кубические δ гидридные и мартенситные фазы наблюдаются в структуре сплава Ti-6Al-4V после гидрирования при температуре ниже 900 °C и концентрации водорода выше 0,29 мас.%. Авторы [2] показали, что игольчатый ГПУ-мартенсит начал образовываться при гидрировании при 800 °C и содержании водорода 0,4 мас.%. В работе [5] фазы α'' и δ гидрида наблюдались после гидрирования при 750 °C в образцах с содержанием водорода выше 0,278 мас.% и 0,514 мас.%. Было показано, что гидриды могут осаждаться только в β -фазе при гидрировании при высоких температурах, когда содержание водорода относительно велико, а гидриды не могут осаждаться в α -фазе при высоких температурах [7].

В сплавах на основе титана водород может быть в виде твердого раствора и фазы β , могут появляться гидриды (γ -фаза). Водород уменьшает точку фазового перехода $\alpha + \beta / \beta$ титана и является β -стабилизирующим элементом. Предел растворимости водорода составляет менее 0,020 %. Феномен водородного охрупчивания в $\alpha+\beta$ -сплаве отличается от явления однофазного α -титана, поскольку растворимость водорода в β -фазе выше, чем в α -фазе.

Титан образует водородом гидриды переменного состава в пределах стехиометрического состава $\text{TiH}—\text{TiH}_2$. Область устойчивой гомогенности гидридной фазы (γ -фаза), лежит между 48 и 63,3% (ат.) или 1,89—3,44% (по массе). По данным, γ -фаза имеет г. ц. к. решетку. Тин Ши-Ли и Штейнберг, основываясь на результатах своих исследований, считают, что структуру гидридной фазы можно рассматривать как объемноцентрированную тетрагональную с параметрами: $a = 0,312 \text{ нм}(3,12 \text{ \AA})$ и $c = 0,418 \text{ нм}(4,18 \text{ \AA})$ при отношении $c/a = 1,34$ или как гранецентрированную тетрагональную с параметрами: $a = 0,442 \text{ нм}(4,42 \text{ \AA})$, $c = 0,418 \text{ нм}(4,18 \text{ \AA})$ и $c/a = 0,946$. По данным, период решетки γ -фазы с повышением содержания водорода увеличивается от 0,4395 нм(4,395 \AA) до 0,445 нм(4,45 \AA). Плотность γ -фазы титана равна 3,78 г/см³. Гидрид титана термически неустойчив и, как большинство гидридов переходных металлов, с повышением температуры разлагается с выделением чистого водорода [9, 10]. При охлаждении из области α -твердого раствора титан распадается с образованием α -раствора с меньшим содержанием водорода и γ -фазы (гидрида титана). Гидрид при достаточно медленном охлаждении выделяется в виде тонких пластинок, видимых под микроскопом в форме темных игл. Пластины гидридной фазы при выделении в основном располагаются по плоскостям легчайшего скольжения или двой кования гексагональной плотноупакованной решетки.

1.2 Влияние наводороживания механические свойства титановых сплавов

В большинстве случаев при внедрении водорода в металлы и сплавы, в том числе титановые, вызывает охрупчивание материала. Как правило, высокопрочные материалы очень чувствительны к водородному охрупчиванию, когда они работают в водородной среде. Материалы, которые восприимчивы к водородному охрупчиванию - это высокопрочные стали, высоконасыщенная сталь, алюминиевые сплавы, титан, магний и магниевые сплавы и т. д. [11]. Факторы, которые ответственны за восприимчивость материалов к водородному охрупчиванию [9-12]: 1. Прочность материала и остаточное напряжение в материале. 2. Давление, температура и время выдержки. 3. Применяемая скорость деформации и состояние поверхности материала. 4. Концентрация или количество водорода и количество водородной ловушки. 5. Металлические покрытия и специфические осадки. 6. Микроструктура материала. 7. Термическая обработка материала.

В титане основным видом водородной хрупкости является гидридная хрупкость [9, 12, 16]. По мере насыщения титана водородом появляются пластинчатые выделения гидрида титана, количество которых возрастает с увеличением содержания водорода. Гидрид титана может выделяться в виде пластинок вдоль определенных кристаллографических направлений, в виде компактных выделений той или иной формы внутри зерна, по границам зерен. Характер выделения гидридов зависит от многих факторов: содержания водорода, величины зерна, температуры наводороживания, предшествующей термической обработки титана, напряженного состояния металла в момент выделения гидридов, примесей и т. п. С увеличением общего содержания гидридов в титане увеличивается их тенденция к выделению в виде компактных выделений по границам зерен.

В своих исследованиях влияния водорода и скорости деформации на пластичность отожженного в мельнице Ti-6Al-4V Hardie and Ouyang [13]

обнаружили, что добавленный водород вызывает эффект охрупчивания, о чем свидетельствует удлинение и уменьшение площади при разрушении.

Водород оказывает негативное влияние на пластичность титана. В результате образования гидридов в материале индуцируются растягивающее напряжение. Как следствие, происходит растрескивание вблизи гидридной фазы, существенно уменьшая величину ударной вязкости титана, вызывая водородное охрупчивание титана [14]. Водородное охрупчивание, вызванное гидридом титана, является обычным явлением, и водородная восприимчивость хрупкого гидрида обычно высока. Водородное охрупчивание также иногда напоминает охрупчивание стали, явление охрупчивания, возникающее при медленных испытаниях при постоянной нагрузке или постоянной нагрузке. Этот метод испытаний обычно использует зубчатые образцы, применяя напряжение выше определенного уровня прочности и соблюдая поведение хрупкости. Обычно указывается, что содержание водорода в используемых титановых частях должно составлять менее 0,015%. Прочность титанового сплава после гидрирования повышается, а пластичность уменьшается с увеличением содержания водорода [15]. Когда содержание водорода достигает 1200 мкг / г, потеря пластичности составляет 25%. Ударная вязкость снижается с ростом содержания водорода. Когда содержание водорода превышает 300 мкг / г, ударная вязкость снижается на 80%.

На рисунке 2 показана зависимость микротвердости гидрированных образцов от температуры и времени отпуска [16]. При каждой температуре и концентрации водорода кривая твердости в зависимости от времени имеет сигмоидальный тип, что указывает на то, что разложение этих метастабильных фаз происходит вместе с процессом зарождения и роста, контролируемым диффузией атомов [16]. Большое изменение микротвердости обнаружено при 500 ° С из-за деформации мартенситов или образования гидридов.

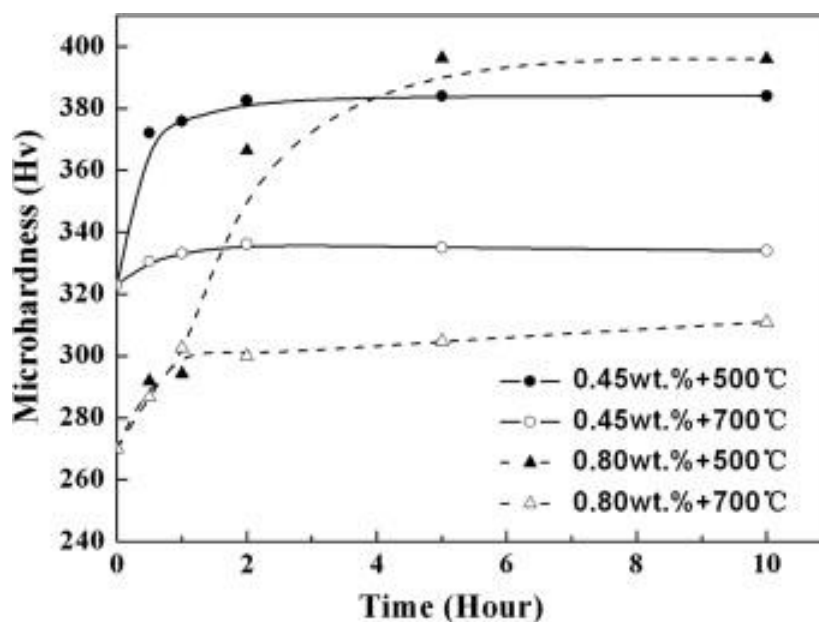


Рисунок 2 – График зависимости твердости от времени отжига при разных температурах [16]

Старение при более высокой температуре (700 ° C) приводит к небольшому увеличению микротвердости, которая намного ниже, чем у образцов, выдержанных при 500 ° C для обеих концентраций водорода. Это указывает на то, что либо полное разложение мартенсита не происходило при 700 ° C, либо β -фаза, образовавшаяся в результате разложения мартенсита во время старения, трансформировалась в мартенсит во время последующего закалки водой [16]. Увеличение содержания водорода повышает прочность сплава, что обусловлено лучшим эффектом рафинирования при увеличении содержания водорода. Прочность уменьшается с ростом температуры дегидрирования, но пластичность увеличивается с увеличением температуры дегидрирования. Легирование водородом увеличивает модуль сдвига β -Ti [17, 18]. Это приводит к уменьшению плотности термически активируемых дислокационных участков и увеличению высоты барьеров для скольжения; оба изменения затвердевают материал. Дополнительное упрочнение может происходить из-за ближнего упорядочения, которое происходит при высоких концентрациях водорода.

ГЛАВА 2. МИКРОСТРУКТУРА И СВОЙСТВА ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

2.1 Особенности микроструктуры титановых сплавов, изготовленных аддитивными технологиями

Аддитивные технологии (АМ), широко известное как трехмерная (3D) печать, представляет собой автоматизированный процесс послойного соединения, при котором трехмерные объекты почти чистой формы изготавливаются из цифровых моделей с использованием сырья в виде жидкости, порошка, проволоки или листов [19]. Ti-6Al-4 V является важным инженерным титановым сплавом, широко используемым в аэрокосмической и биомедицинской отраслях благодаря высокой удельной прочности, хорошей биосовместимости и исключительной коррозионной стойкости. АМ позволил производить детали из Ti-6Al-4 V при гораздо меньших затратах и трудностях по сравнению с обычными производственными процессами [20][21], Таким образом, значительные усилия были предприняты для изучения микроструктуры и механических свойств популярного сплава, обработанного различными методами АМ [22, 23] .

Селективное электронно-лучевое плавление (ЭЛС) - это метод металлического АМ, в котором используется высокоэнергетический электронный пучок для селективного плавления слоя металлического порошка посредством послойного изготовления. Высокотемпературная сборочная среда делает СЭЛС выгодной для печати металлических частей без остаточных напряжений, но включает в себя более сложные фазовые превращения или изменения зерна в отличие от лазерных методов сварки в порошковом слое [24] . Растяжимость ЭЛС в собранном виде Ti-6Al-4 V сопоставима с деформируемым аналогом из-за его тонкой микроструктуры, которая в

основном состоит из столбчатых предшествующих зерен β -Ti и сильно трансформированной фазы α -Ti в морфологии Видманштеттена из-за фазовые превращения высокой степени $\beta \rightarrow \alpha' \rightarrow \alpha$ [25] .

Эта система, схематически представленная на рисунке 3, позволяет непосредственно изготавливать твердые детали из металла или порошка сплава .

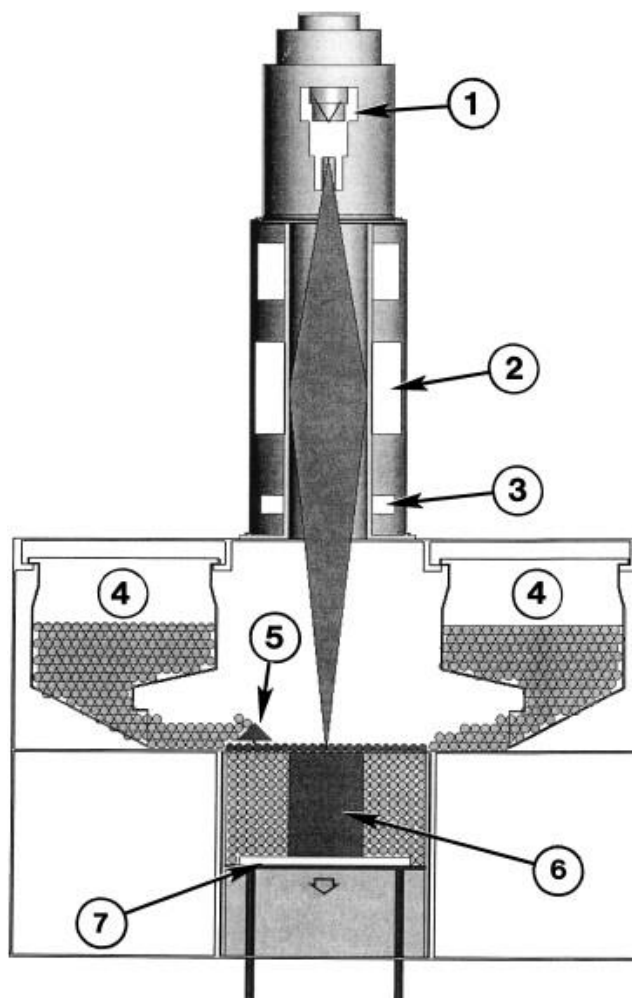


Рисунок 3 – Схема системы ЭЛС. (1) электронная пушка в сборе; (2) фокусирующая линза ЕВ; (3) отклоняющие катушки ЕВ ($x - y$); (4) порошковые кассеты; (5) порошок (слой) граблей; (6) цилиндрическое строение (образец для испытаний); (7) построить стол [26]

Система создает слои (толщиной ~ 100 мкм) снизу вверх путем выборочного сканирования сфокусированного электронного пучка для

расплавления определенных областей слоя порошка с использованием 3D CAD-модели, в то время как порошок непрерывно добавляется из кассет для порошка (4) в верхнюю часть, как показано на рисунке 3. Грабли перемещаются в поперечном направлении между двумя порошковыми кассетами (4), чтобы распределить ровные порошковые слои по поверхности после завершения каждого строительного слоя. Когда слои завершены, сборочный стол (7) перемещается вниз. Вся сборка происходит в вакууме.

Поскольку материалы аддитивного производства подвергаются очень высоким скоростям охлаждения, соответствующая эволюция микроструктуры отличается от той, которая обрабатывается традиционными методами. На рисунке 4 показана оптическая микроструктура печатной платы ЭЛС Ti – 6Al – 4V, перпендикулярно направлению сборки.

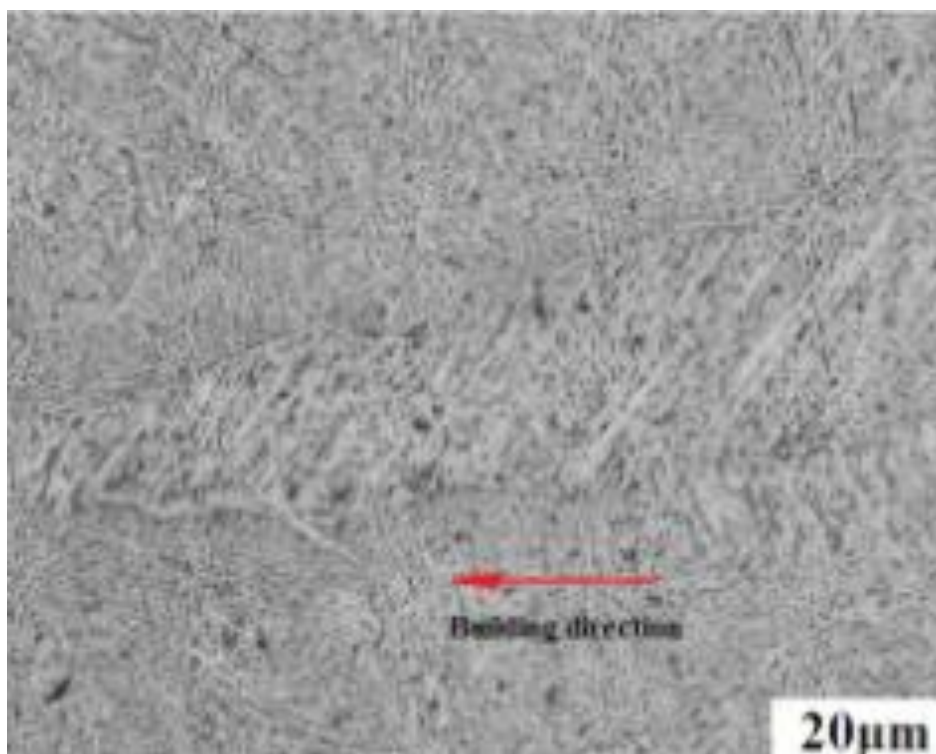


Рисунок 4 – Оптическая микрофотография Ti-6Al-4V аддитивного производства .[29]

Можно наблюдать, что структура имеет типичный рисунок плетения корзин, состоящий из α - пластин (белая часть) внутри матрицы β - фазы (темная

часть). Массивная фаза (отмечена красной кривой на рисунке 4) наблюдается вблизи края образцов, который отсутствует в центре образца. Зерна массивной фазы также были ранее сообщены Lu et al. [27]. Они связывают образование массивной фазы с низкой скоростью охлаждения ЭЛС, что привело к массивной трансформации. Установлено, что β -зерна вытянуты в направлении сборки для напечатанных на ЭЛС деталей, что ранее наблюдалось в материалах, изготовленных с добавками [28].

Оптические микрофотографии Ti-6Al-4V, полученного методом ЭЛС, представленные на рис.9. показывают совершенно другую микроструктуру. Микроструктура в основном состоит из α -фазы и небольшого количества β в предшествующих β -столбчатых зернах, ориентированных вдоль направления сборки. α -фаза обладает пластинчатой морфологией с β , окружающим границу α -ламеллы.

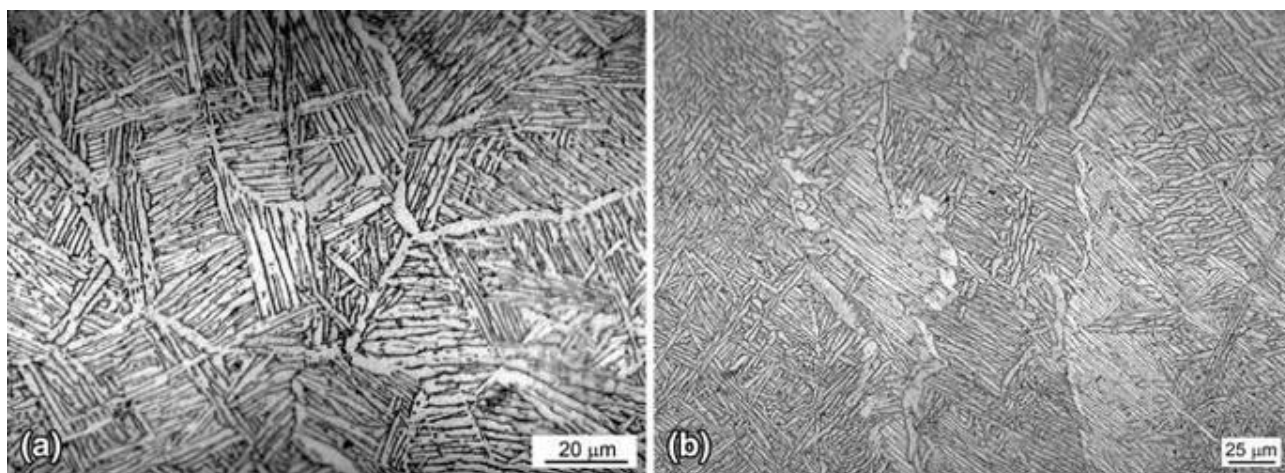


Рисунок 5 – Оптическая микрофотография образцов Ti64, полученных методом ЭЛС. (а) Поперечное сечение. (б) продольное сечение[30]

Для ЭЛС сборочная камера поддерживается при температуре 650-700 ° C, что значительно выше температуры M_s для Ti64. Следовательно, даже если скорости охлаждения выше при повышенных температурах, материал охлаждается до изотермической температуры 650-700 ° C. Это не позволяет преобразовать α в α' . После завершения сборки медленные скорости

охлаждения от 700 ° С до комнатной температуры внутри камеры сборки приводят к образованию α -тромбоцитов.

2.2 Механические свойства титановых сплавов, изготовленных аддитивными технологиями

Средние значения твердости по шкале Роквелла (HRC) для образцов ЭЛС-1 и ЭЛС-2 в верхней и нижней секциях, а также средние значения твердости для общей твердости образцов приведены в таблице 2 вместе с соответствующими средними значениями твердости по Виккерсу. для сравнения. В таблице 2 также показана номинальная (класс 5) деформируемая твердость по Роквеллу С (HRC) Ti – 6Al – 4V, равная 37. Используя эту твердость в качестве основы, наблюдается, что образцы ЭЛС составляют 8% (ЭЛС-1) и 35 % (ДМ-2) сложнее. Соответственно, образцы деформируемого материала, сравниваемые в этом исследовании, также соответственно более твердые: 30% (W-1) и 41% (W-2) соответственно.

Удлинение образца ЭЛС-1, показанного в таблице 2, демонстрирует лучшее удлинение на 67%. Некоторые литые изделия Ti-6Al-4V демонстрируют относительное удлинение от 5 до 6% при UTS 1 ГПа. Значения предела текучести (YS) и предела прочности при растяжении (UTS) также превышают номинальные значения, показанные в таблице 2 для деформируемого Ti – 6Al – 4V. Сравнение значений твердости по Роквеллу С (HRC) с соответствующими значениями UTS в терминах эквивалентных преобразований. находится в очень разумном согласии (разница варьируется от 3% для ЭЛС-1 до 19% для W-1). Это позволило бы приблизить предел текучести и предельное растягивающее напряжение на основе цифровых (Vickers) испытаний на микротвердость поверхностей для Ti – 6Al – 4V.

Свойства ЭЛС материалов в Таблице 2 значительно лучше, чем у продуктов порошковой металлургии Ti – 6Al – 4V, недавно обобщенных Froes et

al. [31], где даже для HIP-продуктов UTS и удлинение не превышают значения ASTM Grade 5.

Средние диаметры ямок были измерены с использованием метода пересечения линий как для образцов с деформацией деформирования, так и для ЭЛС. Эти значения перечислены в Таблице 2 и, как правило, указывают на более тонкий диаметр углубления для образцов ЭЛС по сравнению с образцами с деформацией. Средний равноосный диаметр углубления для образцов ЭЛС составлял 4,4 мкм, в то время как деформируемый материал в среднем составлял 6,7 мкм, или приблизительно на 50% больше. Оба материала продемонстрировали увеличение пластичности при растяжении с увеличением размера ямочки (Таблица 2).), но включения редко встречались в образцах ДМ. Отмечая, что средняя пластичность при растяжении образцов ЭЛС была на 58% выше при меньших диаметрах ямок, представляется, что модель, включающая разрушение частиц включения и начальный рост связанных микрополостей, и их последующее соединение посредством разрыва промежуточных связей отличается для образцов ЕМВ. Такое поведение требует дальнейшего изучения.

Должна быть возможность создания градуированных механических свойств, особенно твердости, чтобы при необходимости регулировать прочность и свойства износа, возможно, в пределах нескольких размеров слоя. Это особенно уместно, когда может существовать большая биомеханическая несовместимость, такая как бедренные стембли Ti-6Al-4V при эндопротезировании тазобедренного сустава, где высокая прочность (UTS), как видно из таблицы 2, намного больше, чем у кости ($< 0,3$ ГПа) [32]. Эти особенности также были описаны в недавней статье Krishna et al. [33] где представлены функциональные пористые имплантаты. С ЭЛС может быть возможно выборочно оценить прочность сплава, сопротивление усталости и модуль упругости для большей совместимости с костями. Кроме того, очевидно, что регулирование размера или распределения размера частиц исходного

порошка может также учитывать изменения размера слоя, если энергия луча и сканирование луча соответствующим образом варьируются, хотя в настоящее время имеются только редкие доказательства способности оценивать биомедицинские имплантаты, созданный быстрым производством или способностью изменять слой, изменяя размер порошка. Изменения пористости на основе траектории инструмента с использованием лазерной обработки также были описаны [33]

Преимущества ЭЛС связаны с внутренними характеристиками электронного пучка: легко управляемым фокусом и энергией пучка, а также электрическим контролем сканирования. Это учитывает изменения в создании слоя порошка, включая диапазон жидкофазного спекания для полного расплавления частиц или расплавления слоя. Эти варианты сборки могут быть встроены в САПР или в КТ-сканирование.

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Материал для исследований

Образцы изготавливались на машине ARCAM A2 ЭЛС (Arcam AB, Mölndal, Швеция) с использованием порошка титанового сплава Ti-6Al-4V (Ti6Al4V ELI). Порошок имел средний размер от 50 до 150 мкм. Толщина порошкового слоя составляла 70 мкм, и использовались стандартные настройки параметров ARCAM для твердого Ti64. Затем все образцы механически шлифовали до получения однородной поверхности.

3.2 Газофазное насыщение водородом

Образцы насыщались водородом в оборудовании типа Сиверста в среде осушенного водорода из газовой среды при температурах 650 °C и давлении 1 атм. Автоматизированный аппарат GRC предназначен для определения объема сорбированного газа разными твердыми телами при различных температурах и давлений. Необходимый объем водорода напускают в резервуар и определяют его молярный объем по заданным давлению и температуре. После этого, открывают клапан, который находится между резервуаром и реакционной камерой, и водород распространяется из резервуара в реакционную камеру. После того, как реакция заканчивается, вычисляется общее молярное количество водорода в камере с образцом и в резервуаре.

Молярное количество водорода поглощается твердым телом (NS) определяется по формуле (1).

$$N_s = N_0 - N_g \quad (1)$$

Если у твердого тела уже имелся известный объем водорода (N_{s0}), то перед тем, как реакция начинается должно внести значение содержания водорода в программу. Для расчета молярного количества водорода,

которое поглощается твердым телом необходимо учесть начальную концентрацию водорода в твердом теле:

$$N_s = N_{s0} + N_0 - N_g \quad (2)$$

Точность системы зависит от точности измерения давления и температуры, Поскольку молярное количество водорода должно рассчитываться по закону идеального газа, т.к. молярное количество водорода рассчитывается по закону идеального газа. При постоянной температуре точное измерение давления представляет собой основной фактор и необходимое условие. При проведении эксперимента по изучению сорбции водорода на GRC точность измерения объёма поглощенного водорода составляет 0.3 см^3 при нормальных условиях. Объём водорода в реакционной камере до, в процессе и после реакции с образцом определяется по давлению водорода, его температуре и занимаемым им объемом. Уравнение для одного моля газа:

$$\frac{pV}{RT} = 1 + \frac{B(T)}{V} + \frac{C(T)}{V^2} + \frac{D(T)}{V^3} \quad (3)$$

где $B(T)$, $C(T)$ и $D(T)$ – второй, третий и четвертый коэффициенты, которые зависят от температуры. Эти коэффициенты можно рассчитать по уравнению 4:

$$B(T) = B_0 - \frac{A_0}{RT} - \frac{c}{T^3}, C(T) = -B_0b + \frac{A_0a}{RT} - \frac{B_0c}{T^3}, D(T) = \frac{B_0bc}{T^3}. \quad (4)$$

Для водорода значения констант: $A_0 = 0.1975$, $a = -0.00506$, $B_0 = 0.02096$, $b = -0.04359$, $c = 504$.

Из уравнений 3 и 4 количество молекул газа в известном объеме и при известных давлении и температуре рассчитывается по формуле 5.

$$n = \left(\frac{pV}{RT}\right) / \left\{1 + B(T)\frac{n}{V} + C(T)\frac{n^2}{V^2} + D(T)\frac{n^3}{V^3}\right\} \quad (5)$$

Значение n определяется операционным методом. Объём поглощенного водорода можно определить в абсолютных (см^3) и в относительных значениях (массовые проценты). В первом случае значение количества

поглощенного водорода определяется как молярный объем водорода поглощенного твердым телом (рассчитанный по формуле 1 или 2) умноженный на 22413.6. Относительное значение количества поглощенного в массовых процентах (wt) водорода находится, как:

$$wt = \frac{N_S \cdot M_G}{m \cdot 100} \quad (6)$$

где m – масса образца и MG – молярная масса газа (2·1.0079 для водорода).

При известной молярной массе образца соотношение (x) атомов газа к атомам образца определяется, как

$$x = \frac{2N_S}{n/M} = \frac{2M}{M_G} \frac{wt}{100} = \frac{M \cdot wt}{100.79} \quad (7)$$

3.3 Испытание ударную вязкость

Ударная вязкость KV определялась на образцах с V-образным надрезом по ГОСТ 9454-78 при комнатной температуре. В работе использовался моторизованный маятниковый копер Instron 450MPX. Метод основан на разрушении образца с концентратором посередине одним ударом маятникового копра. На рисунке 6 приведено изображение чертежа образца. Концы образца располагают на опорах. В результате испытания определяют полную работу, затраченную при ударе (работу удара), или ударную вязкость. Под ударной вязкостью следует понимать работу удара, отнесенную к начальной площади поперечного сечения образца в месте концентратора.

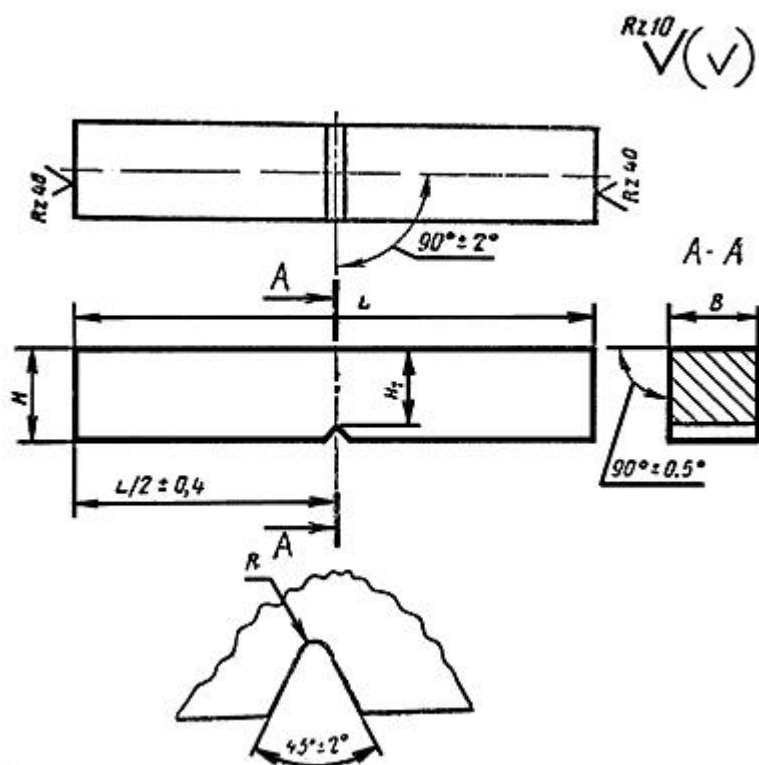


Рисунок 6 – Схема образцов для испытаний

Образец должен свободно лежать на опорах копра. Установка образца должна производиться с помощью шаблона, обеспечивающего симметричное расположение концентратора относительно опор с погрешностью не более $\pm 0,5$ мм. При использовании торцовых ограничителей последние не должны мешать образцам свободно деформироваться. Испытание должно проводиться при ударе маятника со стороны, противоположной концентратору, в плоскости его симметрии. Работу удара определяют по шкале маятникового копра или аналоговых отсчетных устройств.

3.4 Исследование структурно-фазового состава образцов

Микроструктуру исследовали на оптическом микроскопе и на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Quanta 200 3D (компания

FEI, Хиллсборо, Орегон, США) при высоком вакууме и ускоряющем напряжении 20 кВ., оборудованном насадкой для энергодисперсионного рентгеновского анализа (EDAX). Источником электронов является термоэлектронный катод из вольфрама. Система электромагнитных линз контролирует и фокусирует электронный пучок. Взаимодействие ускоренных электронов с образцом приводит к выходу из исследуемого образца электронов различной физической природы и квантов электромагнитного излучения. Детекторы собирают эмиссионные частицы, преобразуют их в усиленный электрический сигнал. Изображение образца формируется в соответствии с координатами сканирующего луча и величиной сигнала от детектора. Микроскоп оснащен несколькими типами детекторов, что позволяет получать изображения в различных режимах детектирования.

Установка Quanta 200 3D оснащена системой энергодисперсионного анализа, которая позволяет проводить элементный анализ исследуемого материала. В результате взаимодействия электронного пучка с образцом генерируется рентгеновское излучение. Кроме того, излучается как тормозное излучение, возникающее в результате замедления быстрых электронов, так и характеристическое излучение, связанное с переходами электронов из внешних электронных оболочек атома во внутренние, которые обнаруживаются полупроводниковым детектором. Затем система обработки сигналов разделяет рентгеновские фотоны по энергии и, таким образом, получается энергетический спектр. Значения энергии характеристических линий можно использовать для оценки того, какие химические элементы присутствуют в исследуемом материале.

3.5 Измерение микротвердости

Основа этого метода заключается во внедрении в образец алмазной пирамидки с углом при вершине между противоположными гранями 136° .

Твердость можно вычислить по следующей формуле:

$$HV = \frac{0,102 * 2F * \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 0,189 \frac{F}{d^2} \text{ или } HV = \frac{2P * \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1,854 \frac{F}{d^2} ,$$

где F – нагрузка, Н; P – нагрузка, кгс; α – угол между противоположными гранями при вершине, равный 136° ; d – среднее арифметическое значение длин обеих диагоналей отпечатка после снятия нагрузки, мм.

Измерения проводили на приборе HV-1000, при нагрузке 0,3 Н.

ГЛАВА 5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В процессе поиска источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов, оценка коммерческой ценности работы является необходимым условием. При этом разработчики должны представить настоящее состояние и перспективы проводимых ими научных исследований.

Помимо превышения технических параметров над предыдущими разработками необходимо понимать коммерческую привлекательность научного исследования.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурента способных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование [34].

Целевой рынок - сегменты рынка, на котором будет продаваться вбудущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование - это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол,

национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода.

В зависимости от категории потребителей (коммерческие организации, физические лица) необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования. Например, для коммерческих организаций критериями сегментирования могут быть: месторасположение; отрасль; выпускаемая продукция; размер и др.

Сегментировать рынок услуг по разработке титановых сплавов можно по следующим критериям: размер компании-заказчика, области применения. На основе этих можем делать карту сегментирования рынка услуг по разработке титановых сплавов.

Сплавы ВТ6 используют как в отожженном, так и в термически упрочненном состоянии, его прочность становится выше 1000 МПа, и он будет рассмотрены в разделе, посвященном высокопрочным сплавам. титановый сплав ВТ-6 наряду с высокой прочностью сохраняет хорошую технологическую пластичность в горячем состоянии, что позволяет получать из них различные полуфабрикаты: листы, прутки, плиты, поковки, штамповки, профили и др.

Несмотря на гетерофазность структуры, рассматриваемые сплавы обладают удовлетворительной свариваемостью всеми видами сварки, применяемыми для титана. Для обеспечения требуемого уровня прочности и пластичности обязательно проводят отжиг. ВТ-6 обладает высокой коррозионной стойкостью в отожженном и термически упрочненном состояниях во влажной атмосфере, морской воде, во многих других агрессивных средах, как и технический титан

5.1.2. SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [34].

В таблице. 3. представлены SWOT-анализа.

Таблица. 3 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Быстрый анализ полученных данных.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Легкий интерфейс управления.</p> <p>С5. Безопасность проведения исследований.</p>	<p>Слабые стороны научно исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Проведение исследований исключительно при комнатной температуре.</p> <p>Сл2. Предварительная подготовка экспериментальных образцов перед исследованием.</p> <p>Сл3. Низкий уровень проникновения на рынок.</p> <p>Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p> <p>Сл5. Длительный срок поставок материалов (образцов) для проведения научного исследования.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Быстрая оценка защитных покрытий для дальнейшего исследования.</p> <p>В2. Решение фундаментальных задач исследования.</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В4. Исследования коррозионных свойств металлов.</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Заявленная повышенная экономичность, энергоэффективность и безопасность проекта способствует появлению дополнительного спроса на данный продукт. Также быстрый анализ полученных экспериментальных данных повлечет дополнительное решение фундаментальных задач исследования.</p>	<p>Проведение исследований исключительно при комнатных температурах способствует повышению стоимости конкурентных разработок.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Несвоевременное финансирование научного исследования при дальнейшем развитии проекта.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства.</p> <p>У3. Ограничения на экспорт технологии.</p> <p>У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</p> <p>У5. Изменение спецификаций и стандартов на поставку экспериментальных металлических образцов запрещенного типа.</p>	<p>Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями повлечет изменение спецификаций и стандартов на поставку экспериментальных металлических образцов запрещенного типа.</p>	<p>Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца будет являться неотъемлемым фактором, представляющим собой барьер для экспорта технологии. Также низкий уровень проникновения на рынок способствует несвоевременному финансированию научного исследования при дальнейшем развитии проекта.</p>

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта. Приведенный анализ показал, что технология, находясь на этапе разработки, имеет хорошие

шансы на коммерциализацию, с учетом проявляемого интереса партнеров и удачных исследований. При этом, если переход разработки в стадию коммерциализации затянется, то возможна потеря спроса на готовую технологию.

5.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUalityADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно- исследовательский проект.

Для упрощения процедуры проведения QuaD рекомендуется оценку проводить в табличной форме (табл.4.).

Таблица.4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Показатели оценки качества разработки					
1. Время производства	0,1	75	100	0,75	7,5
2. Энергоэффективность	0,2	80	100	0,80	16
3. Надежность оборудования	0,1	80	100	0,80	8
4. Безопасность оборудования	0,3	80	100	0,80	24
5. Простота эксплуатации	0,3	75	100	0,75	22,5
6. Ремонтопригодность	0,1	82	100	0,82	8,2

7. Уровень шума	0,1	70	100	0,70	7
Итого	1	77,43	100	0,774	93,2

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i B_i, \quad (5.1.4)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значени показателя качества и перспективности научнойразработки,

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i-го показателя.

Полученное значение P_{cp} говорит о том, что перспективность данного производства выше среднего. Значение показателя P_{cp} получилось 93,2, то такая разработка считается перспективной.

По результатам оценки качества и перспективности делается вывод об объемах инвестирования в текущую разработку и направлениях ее дальнейшего улучшения. Технология может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенным образом снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов.

5.2. Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Линейный график представляется в виде таблицы. Научные исследования выполнила группа, в состав которой входили научный руководитель, лаборанты, и студент.

Таблица. 5 – Календарный план проекта

Основные этапы	№ работ ы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Руководитель, студент-дипломник
Проведение НИР			
Выбор направления исследования	2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Студент-дипломник
	3	Выбор методов исследования	Студент-дипломник, руководитель
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, студент-дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка приборов для исследования	Руководитель, студент-дипломник
	6	Проведение экспериментов	Студент-дипломник
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ полученных результатов, выводы	Студент-дипломник, руководитель
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент-дипломник
Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник

5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;

- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхi} \quad (4.3.1)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.); Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.); k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица .6 – Материальный затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Сплавы	Шт.	20	100	2000
Бумага	Лис.	150	2	300
Интернет	М/бит	1	350	350
Ручка	Шт.	1	20	20
Тетрадь	Шт.	1	50	50

Итого	522	2700
-------	-----	------

5.3.2 Затраты на оборудование

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 7 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Время использования оборудования, ч	Цена использования оборудования, руб./ч.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1.	Установка автоматизирован ного комплекса Gas Reaction Controller	10	500	20,75
2	Стенд измерения параметров ультразвука	80	800	27,86
3	Индукционный нагреватель	20	30	2,45
4	Компьютер	40	300	10,23
Итого:				61,29

Затраты на электроэнергию для установки:

$Z_{\text{элек.}} = (1,5 \text{кВ} \times 80 \text{час} + 0,5 \text{кВт} \times 10 \text{час} + 0,16 \text{кВт} \times 20 \text{час} + 0,12 \text{кВт} \times 40 \text{час}) \times 6$
руб.кВт/час = 798 руб.

Таким образом, затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ равен 62088 руб.

5.3.3 Расчет основной и дополнительной заработной платы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату. Заработная плата рассчитывается по формулеб:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (5.3.1)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата; $З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по формуле 7:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (5.3.2)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 8:

$$З_{дн} = \frac{З_m \times M}{F_d} \quad (5.3.3)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при шестидневной неделе $M=10,4$); F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала ($F_d=1794$).

Баланс рабочего времени показан на таблице .16

Таблица.5. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	66	66
Потери рабочего времени - отпуск невыходы по болезни	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}} \quad (5.3.4)$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл.6

Таблица.6. Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{осн.}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб	$З_{\text{дн}}$, руб.	Траб.дн и	$З$ итого
Руководитель	23100	0,3	-	1,3	30030	915	33	30195
Инженер	9893	0,3	-	1,3	12860	532	71	37772

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.)[35].

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (5.3.5)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

В данный раздел включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы)[36].

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10 – 15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (5.3.6)$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.; $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты; $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб. Пример расчета:

$$З_{\text{доп}} = 0,15 \times 989,19 = 153,87$$

5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}}(З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.3.3)$$

где: $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2%.

Таблица.10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата (12% от основной), руб
Руководитель проекта	30195	3623,4
Студентдипломник	37772	4532,64
Коэффициент отчислений	0.302	
Итого	22989,16	

5.3.5 Формирование бюджет затрат НТИ

Определение бюджет затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 11.

Таблица.11 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НТИ	2700
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	62088
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	67967
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8156,04
Отчисления во внебюджетные фонды	22989,16
Бюджет затрат НТИ	163899,88 869612

Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

При планировании научно-исследовательской работы был произведен подсчет бюджета исследования. В процессе формирования бюджета были использованы группировки по материальным затратам (2700 руб), затратам на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ (62088 руб), затратам по основной заработной плате исполнителей темы (67967 руб), затратам по дополнительной заработной плате (8156,04 руб), отчислениям во внебюджетные фонды (22989,16 руб). Всего бюджет составил 163899,88 руб.

На основе расчета бюджета этого научно – технического исследования, видно, что изучение поведения титановых сплавов полученных аддитивными технологиями обладает большой перспективой и прекрасной экономической эффективностью. В последнее время больше и больше внимания уделено этой области исследования. Это исследование может иметь хорошие экономические перспективы.

ГЛАВА 6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Исследовательская работа на тему исследования влияния водорода на параметры распространения рэлеевской волны в титановом сплаве ВТ6 предполагает проведение работ на установке - HV-1000. Таких, как установка по насыщению водородом, измерению параметров распространения рэлеевской волны и т.д. Основной задачей в данной работе является изучение распределения гидридов в образцах из титанового сплава ВТ6.

6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности..

6.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства..

К работе на стенде измерения параметров ультразвука допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинские противопоказания, прошедшие обучение безопасности труда и инструктаж на рабочем месте[35].

К самостоятельной работе допускаются работники после специального обучения и проверки знаний норм и правил работы с электроустановками, правил безопасности работы с газовыми баллонами, приобретенных навыков и безопасных способов выполнения работы на стенде измерения параметров ультразвука, имеющие не менее II группы по электробезопасности и получившие допуск к работе с газовыми баллонами.

Повторная проверка знаний норм и правил электробезопасности, правил безопасной работы с газовыми баллонами проводится с работниками не реже 1 раза в 12 месяцев, повторный инструктаж на рабочем месте – не реже 1 раза в 3 месяца

Проведение всех видов инструктажа должно оформляться в Журнале регистрации инструктажа установленного образца, с обязательными подписями получившего и проводившего инструктаж, с указанием даты проведения инструктажа, наименования и номеров инструкции на виды работ, по которым проводится инструктаж.

По данной теме рассматриваются нормативные документы[36-42]:

- инструкция № 2-25 по охране труда при выполнении работ на установке Gas Reaction Controller;
- инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В ;
- инструкция № 2-07 по охране труда при работе с баллонами, работающими под давлением.
- инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПЭВМ и ВДТ;
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы;
- ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности;
- ГОСТ Р 50949-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности;
- ГОСТ Р 50923-96. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.
- Микроклимат:
- ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные помещения. Параметры микроклимата в помещении;
- ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к

воздуху рабочей зоны;

– СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

6.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Для обеспечения безопасности перед началом работы необходимо правильно надеть спецодежду, подготовить для работы необходимый инструмент и приспособления, приготовить рабочий стол. Также необходимо проверить отсутствие внешних повреждений электрооборудования, наличие и исправность контрольных, измерительных и сигнальных приборов, компьютера, тумблеров, переключателей и т.п. При выявлении неисправностей, не допускается проводить ремонт самостоятельно, необходимо доложить руководителю лаборатории. Наладка прибора и его ремонт осуществляется только сервис-инженерами.

Запрещается приступать к работе, если выявлены неисправности любого используемого оборудования, если персонал не прошел в установленном порядке обучение и проверку знаний безопасности труда.

Работа с стендом должна производиться в чистом помещении, свободном от пыли, паров, кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающий коррозию. Недопустимо наличие открытого огня около прибора.

6.2 Производственная безопасность:

Таблица 11 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение	+	+	+	Параметры

показателей микроклимата				микроклимата устанавливаются
2. Превышение уровня шума		+	+	СанПиН 2.2.4-548- 96[42].
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	Естественное и искусственное освещение.
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека		+		Актуализированная редакция СНиП 23- 05-95*[44].

6.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды

6.2.1.1 опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями

В работе основными источниками шума являются генератор сигналов. По санитарным нормам, допустимым уровнем шума принято считать: 55 децибел (дБ) в дневное время и 40 децибел (дБ) ночью. Уровень шума генератора сигналов составляет 15–20 дБА.

Длительное воздействие шума на организм человека приводит к следующим последствиям:

а) снижается производительность труда;

б) ослабляется память, внимание, острота зрения и чувствительность к предупредительным сигналам;

в) снижается чувствительность слуха.

Для доведения уровня шума до санитарных норм следует придерживаться следующих правил при организации труда в помещении:

1. внутренний блок кондиционера следует располагать вдали от людей, занимающихся творческой деятельностью (программисты), и не использовать на полную мощность, если позволяют климатические условия;

2. пользоваться МФУ во время перерывов в работе (при отсутствии срочности);

3. своевременно осуществлять профилактику системных блоков компьютеров (очистка от пыли и смазывание движущихся частей охлаждающих установок, замена излишне шумных комплектующих).

6.2.1.2 опасные и вредные производственные факторы, связанные со световой средой

Рациональное освещение рабочего места позволяет предупредить травматизм и многие профессиональные заболевания. Правильно организованное освещение создает благоприятные условия труда, повышает работоспособность и увеличивает производительность труда. Освещение на рабочем месте должно быть таким, чтобы человек мог без напряжения выполнять свою работу. Существуют три вида освещения: естественное, искусственное, совмещенное.

К системам производственного освещения предъявляются следующие требования:

а. соответствие уровня освещенности характеру выполняемой работы;

- b. достаточно равномерное распределение яркости на рабочих поверхностях и в окружающем пространстве;
- c. оптимальная направленность излучаемого осветительными приборами светового потока;
- d. долговечность, экономичность, электро- и пожаробезопасность, эстетичность, удобство и простота эксплуатации.

В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, разрешено применение системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов)[35].

Зрительная работа (лаборант) – характеризуется как работа очень высокой степени точности. Что требует освещенности в 300 – 500 лк [43]. Допускается установка светильников местного освещения для подсветки документов, но с таким условием, чтобы оно не создавало бликов на поверхности экрана и не увеличивало освещенность экрана более чем на 300 лк. Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов.

В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ. Освещение следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядном расположении персональных электронно-вычислительных машин (ПЭВМ). При расположении компьютеров по периметру помещения линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом, ближе к его переднему краю, обращенному к оператору.

6.2.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.

Для анализа результатов работы необходимо работать с компьютером. Источниками электромагнитного излучения являются электрические сигналы цепей при работе компьютера. Нарушения в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимый характер. При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной и сердечно-сосудистой систем, органов пищеварения и некоторых биологических показателей крови. Наиболее мощным источником электромагнитных полей в помещении являются катушки отклоняющих систем, находящихся около цокольных частей электронно-лучевых трубок мониторов.

Нормы напряженности электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг монитора по электрической составляющей, соответствующие, приведены в таблице.12 [36].

Таблице.12. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров	Допустимые значения
<p>Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см. Вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не более:</p> <ul style="list-style-type: none"> – в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц – в диапазоне частот 2—400 кГц 	<p>25 В/м</p> <p>2,5 В/м</p>
<p>Плотность магнитного потока должна быть не более:</p> <ul style="list-style-type: none"> – в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц 	<p>250 нТл</p>

– в диапазоне частот 2 – 400 кГц	25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать	500 В

Для выполнения норм предельно допустимой напряженности электромагнитного поля расстояние от глаз до монитора должно быть 60 - 70 см, но не менее 50 см. Увеличение расстояния в 2 раза приводит к 32-кратному уменьшению плотности мощности на низких частотах на оператора.

6.3 Экологическая безопасность

В этой работе отходы представляют собой металлические порошки, которые из процессов производства и полировки.

Для литосферы. Твердые отходы, образующиеся в ходе реализации проекта, включают в себя твердые промышленные отходы и бытовые отходы. Среди них твердые промышленные отходы являются несоответствующим продуктом, и все они перерабатываются для повторного производства и не выбрасываются.

Твердые отходы собираются в специальные сборники и увозятся для уничтожения. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов имеет огромное экономическое и социальное значение.

Для гидросферы, это исследование не дало производственных сточных вод. Все выбросы в канализацию также необходимо подвергать обезвреживанию и очистке. Для этих целей все отработанные кислотные и щелочные сливы собираются в отдельную для каждого вида тару, затем подвергаются нейтрализации и только после этого они могут быть слиты в канализацию с их предварительным 10-кратным разбавлением

водопроводной водой. Отработанные органические сливы собираются в специальную герметически закрытую тару, которую по мере заполнения отправляют на обезвреживание и утилизацию .

Для атмосферы, в процессе производства, процесс производства полностью закрыт.оборот всех материалов осуществляется через резервуар для сбора порошка со стандартными интерфейсными клапанами.

Все выбросы в канализацию также необходимо подвергать обезвреживанию и очистке. Для этих целей все отработанные кислотные и щелочные сливы собираются в отдельную для каждого вида тару, затем подвергаются нейтрализации и только после этого они могут быть слиты в канализацию с их предварительным 10-кратным разбавлением водопроводной водой. Отработанные органические сливы собираются в специальную герметически закрытую тару, которую по мере заполнения отправляют на обезвреживание и утилизацию .

6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При возникновении возгорания необходимо немедленно прекратить работу, отключить электрооборудование, позвонить в подразделение пожарной охраны по телефону 01 или 010, сообщить о случившемся руководителю подразделения и приступить к тушению огня первичными средствами пожаротушения.

Еще вероятная чрезвычайная ситуация (ЧС) – это пожар.

Пожарная профилактика основывается на устранении благоприятных условий возгорания. В рамках обеспечения пожарной безопасности решаются четыре задачи: предотвращение пожаров и возгорания, локализация возникших пожаров, защита людей и материальных ценностей, тушение пожара. Предотвращение пожара достигается путем исключения легко воспламеняемых предметов и источников возгорания, а также поддержанием среды в условиях, препятствующих возгоранию[38].

В современных ЭВМ очень высокая плотность размещения элементов электронных схем. В непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода, коммутационные кабели, элементы электронных микросхем. При протекании по ним электрического тока выделяется определенное количество теплоты, что может привести к повышению температуры до 80 – 100 °С. При этом возможно плавление изоляции, и как следствие короткое замыкание, которое сопровождается искрением и ведет к недопустимым перегрузкам элементов микросхем. Для отвода избыточной теплоты в ЭВМ используют внутренние вентиляторы.

Напряжение к электроустановкам подается по кабельным линиям, которые так же представляют особую пожарную опасность. Пожарная опасность производственных зданий и помещений определяется особенностями выполняемых в них технологических процессов.

Возникновение пожара в рассматриваемом помещении обуславливается следующими факторами:

- наличие легко воспламеняемых элементов: документы, двери, столы и т.п.;
- наличие кислорода, как окислителя процессов горения. Пожар может возникнуть из-за:
 - неисправности электропроводки, розеток и выключателей, которые могут привести к короткому замыканию или пробоем изоляции;
 - использования поврежденных электроприборов;
 - использования в помещении электронагревательных приборов с открытыми нагревательными элементами попадания молнии в здание;
- неаккуратного обращения с огнем и несоблюдения мер пожарной безопасности.

Согласно классификации производств по пожарной опасности (СП 12.13130.2009), в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества помещения делятся на категории А, Б, В, Г, Д. Данное помещение относится к категории В, поскольку горючие вещества и материалы находятся в твердом состоянии без выделения пыли.

Для тушения пожара имеются пожарные стволы, внутренние пожарные водопроводы, огнетушители и сухой песок.

Вода используется для тушения пожаров в помещениях программистов только в случае опасности повреждения или полного выхода из строя дорогостоящего оборудования. При этом, по возможности, необходимо защитить компьютеры от попадания влаги.

Для тушения пожаров на начальных стадиях широко применяются огнетушители. Поэтому в отделах с ПЭВМ применяются главным образом углекислотные огнетушители, достоинством которых является высокая эффективность тушения пожара и сохранность электронного оборудования.

Благодаря диэлектрическим свойствам углекислого газа можно использовать эти огнетушители даже в том случае, когда не удастся обесточить электроустановку сразу.

Для предотвращения возникновения пожара с работниками здания проводятся специальные семинары, на которых происходит знакомство с основами противопожарной безопасности и обучение работе с первичными средствами пожаротушения.

На рисунке 27 изображен план эвакуации.

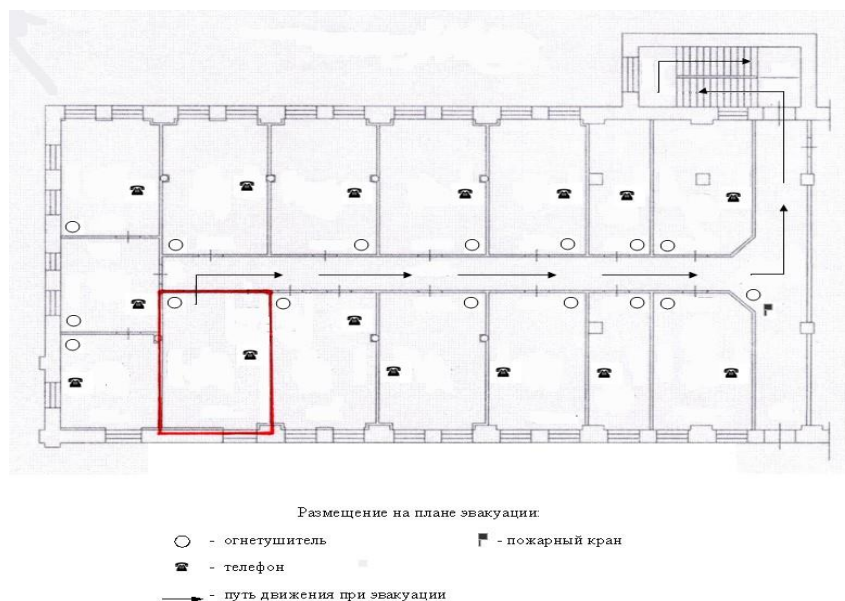


Рисунок 27. План эвакуации

Выводы по разделу

При рассмотрении вопросов безопасности и гигиены труда при выполнении работ особенностей накопления водорода в титановом сплаве ВТ6 при газофазном наводороживании были определены опасные и опасные факторы рабочей силы, причины и средства защиты, и на этом объекте были рассмотрены случаи, чтобы обеспечить безопасность жизни.

В лаборатории могут возникать чрезвычайные ситуации, как пожар, затопление. Для предотвращения возникновения следует принимать систему противопожарной защиты, водонепроницаемые меры и системы защиты от молнии. При возникновении ЧС особое внимание требуется для правильного размещения химических и радиоактивных веществ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе были проведены исследование закономерностей изменения микроструктуры, фазового состава и свойств образцов Ti-6Al-4V, изготовленных методом электронно-лучевого сплавления. По результатам исследований были сделаны следующие выводы:

1. С ростом концентрации водорода до 0,06 масс.% происходит увеличение доли β -фазы в сплаве Ti-6Al-4V, изготовленном методом ЭЛС. Дальнейшее увеличение концентрации до 0,1 масс.% приводит к образованию фазы δ -TiH и росту внутренних напряжений. Внедрение водорода в образцы сплава Ti-6Al-4V, изготовленные ЭЛС, приводит к измельчению микроструктуры образцов.

2. Установлено, что с ростом содержания водорода в образцах происходит увеличение микротвердости титанового сплава на 23%, по сравнению с ненасыщенными образцами сплава Ti-6Al-4V, изготовленного методом электронно-лучевого сплавления.

3. Установлено, что с ростом содержания водорода в образцах происходит снижение ударной вязкости на 26%, по сравнению с ненасыщенными образцами сплава Ti-6Al-4V, изготовленного ЭЛС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Zhang Y., Zhang S.Q., Tao C. Hydrogenation behavior of Ti-25Al-10Nb-3V-1Mo alloy and effect of hydrogen on its microstructure and hot deformability // Int. J. Hydrogen Energy. – 1997. – 22. – P. 125–129.
2. Liu H., Cao J., He P., Feng J.C. Effect of hydrogen on diffusion bonding of commercially pure titanium and hydrogenated Ti6Al4V alloys // Int. J. Hydrogen Energy. – 2009. – 34. – P.1108-1113.
3. Luo L., Su Y., Guo J., Fu H. Formation of titanium hydride in Ti–6Al–4V alloy // J. Alloys Compd. . – 2006. – 425. – P.140-144.
4. Zhao J., Ding H., Zhao W., Tian X., Hou H., Wang Y. Influence of hydrogenation on microstructures and microhardness of Ti6Al4V alloy // Trans. Nonferrous Met. Soc. China. . – 2008. – 18. – P. 506–511.
5. Zhao J., Ding H., Zhong Y., Lee C.S. Effect of thermo hydrogen treatment on lattice defects and microstructure refinement of Ti6Al4V alloy // Int. J. Hydrogen Energy. – 2010. – 35. – P.6448-6454.
6. Shaoqing Z., Linruo Z. Effect of hydrogen on the superplasticity and microstructure of Ti-6Al-4V alloy // J. Alloys Compd. – 1995. – 218. – P. 233–236.
7. Liu H.J., Zhou L., Liu P., Liu Q.W. Microstructural evolution and hydride precipitation mechanism in hydrogenated Ti–6Al–4V alloy, Int. J. Hydrogen Energy. – 2009. – 34. – P.9596–9602.
8. Колачев Б. А. Водородная хрупкость металлов / Б. А. Колачев. – М. : Металлургия, 1985. – 217 с
9. Ливанов В. А. Водород в титане / В. А. Ливанов, А. А. Буханова, Б. А. Колачев. –М. :Металлургиздат, 1962. –246 с
10. Гельд П.В., Рябов Р.А., Мохрачева Л.П. Водород и физические свойства металлов и сплавов. – М.: Наука. –1985. –232 с

11. Robertson I.M., Sofronis P., Nagao A., Martin M.L., Wang S., Gross D.W., et al. Hydrogen embrittlement understood // *Metall Mater Trans.* – 2015. – 46(6) . – P. 2323-41.
12. Tal-Gutelmacher E., Eliezer D. Hydrogen cracking in titanium-based alloys // *Journal of Alloys and Compounds.* – 2005. –404–406. – P. 621–625.
13. D. hardie and s. Ouyang, *Corros. Sci.* – 1999. – 41. – P. 155–177.
14. Dwivedi S. K., Vishwakarma M. Hydrogen embrittlement in different materials: A review // *International Journal of Hydrogen Energy.* – 2018. – 43, 46. – P. 21603-21616.
15. Zhao J., Ding H., Zhao W., Tian X., Hou H., Wang Y. Influence of hydrogenation on microstructures and microhardness of Ti6Al4V alloy // *Trans. Nonferrous Met. Soc. China.* – 2008. – 18. – P. 506–511.
16. Сеньков О.Н., Йонас Ю.Ю. Влияние фазового состава и уровня водорода на деформационное поведение титан-водородных сплавов // *Металл. и матер. А* – 1996. – 27 (7). – P. 1869–77.
17. Senkov O.N., Dubois M., Jonas J.J. Elastic Moduli of Titanium-Hydrogen Alloys in the Temperature Range 20°C to 1100°C // *Metal. and Mater. Trans. A* – 1996. – 27(12). – P. 3963–70.
18. Luo L., Su Y., Guo J., Fu H. Formation of titanium hydride in Ti–6Al–4V alloy // *J. Alloys Compd.* – 2006. – 425. – P. 140–144.
19. Mahale T. R. Electron beam melting of advanced materials and structures. – North Carolina State University, 2009.
20. Liao Wang, Shujun Li, Mengning Yan, Yubo Cheng, Wentao Hou, Yiping Wang, Songtao Ai, Rui Yang, Kerong Dai, Fatigue properties of titanium alloy custom short stems fabricated by electron beam melting // *Journal of Materials Science & Technology* . – 2020. – V.52. – P. 180-188.
21. Hrabe N., Quinn T. Effects of processing on microstructure and mechanical properties of a titanium alloy (Ti–6Al–4V) fabricated using electron beam melting

(EBM), part 1: Distance from build plate and part size //Materials Science and Engineering: A. – 2013. – T. 573. – C. 264-270.

[22] Fiaz H. S., Settle C. R., Hoshino K. Metal additive manufacturing for microelectromechanical systems: Titanium alloy (Ti-6Al-4V)-based nanopositioning flexure fabricated by electron beam melting // Sensors and Actuators A: Physical. – 2016. – V.249. – P. 284-293.

[23] Kok Y., Tan X.P., Wang P., Nai M.L.S., Loh N.H., Liu E., Tor S.B. Anisotropy and heterogeneity of microstructure and mechanical properties in metal additive manufacturing: A critical review // Materials & Design. – 2018. – V. 139. – P. 565-586.

[24] Körner C. Additive manufacturing of metallic components by selective electron beam melting — a review // Int. Mater. Rev. – 2016. – 61. – P. 361-377.

[25] Tan X., Kok Y., Tan Y.J., Descoins M., Mangelinck D., Tor S.B., Leong K.F., Chua C.K. Graded microstructure and mechanical properties of additive manufactured Ti-6Al-4V via electron beam melting // Acta Mater. – 2015. – 97. – P. 1-16.

[26] Murr L. E. et al. Microstructure and mechanical behavior of Ti-6Al-4V produced by rapid-layer manufacturing, for biomedical applications //Journal of the mechanical behavior of biomedical materials. – 2009. – T. 2. – №. 1. – C. 20-32.

[27] Liu Y.J., Li S.J., Wang H.L., Hou W.T., Hao Y.L., Yang R., Sercombe T.B., Zhang L.C. Microstructure, defects and mechanical behavior of beta-type titanium porous structures manufactured by electron beam melting and selective laser melting // Acta Materialia. – 2016. – V.113. – P. 56-67.

[28] Formanoir C.D., Michotte S., Rigo O., Germain L., Godet S. Electron beam melted Ti-6Al-4V: microstructure, texture and mechanical behavior of the as-built and heat-treated material // Mater. Sci. Eng. A. – 2016. – 652. – P. 105-119.

[29] Xiao L., Song W., Hu M., Li P. Compressive properties and micro-structural characteristics of Ti–6Al–4V fabricated by electron beam melting and selective laser melting // *Materials Science and Engineering: A*. – 2019. – V. 764. – P.138204.

[30] Rafi H. K. et al. Microstructures and mechanical properties of Ti6Al4V parts fabricated by selective laser melting and electron beam melting // *Journal of materials engineering and performance*. – 2013. – T. 22. – №. 12. – С. 3872-3883.

[31] Hrabec N., Gnäupel-Herold T., Quinn T. Fatigue properties of a titanium alloy (Ti–6Al–4V) fabricated via electron beam melting (EBM): Effects of internal defects and residual stress // *International Journal of Fatigue*. – 2017. – V. 94, Part 2. – P.202-210.

[32] Song Y. , Xu D.S. , Yang R. , Li D. , Wu W.T. , Guo Z.X. Theoretical study of the effects of alloying elements on the strength and modulus of β -type bio-titanium alloys // *Mater Sci Eng, A260*. – 1999. – P. 269-275.

[33] Mirone G., Barbagallo R., Corallo D., Di Bella S. Static and dynamic response of titanium alloy produced by electron beam melting // *Procedia Structural Integrity*. – 2016. – V. 2. – P. 2355-2366.

[34] Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Се-рикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В.Криницына;Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. –36с.

[35] Пашков Е.Н. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 24 с.

[36] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901865498>.

[37] ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200028904>.

[38] ГОСТ Р 50949-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-50949-2001>.

[39] ГОСТ Р 50923-96. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-50923-96>.

[40] ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные помещения. Параметры микроклимата в помещении. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-30494-2011>.

[41] ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003608>.

[42] СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901704046>.